FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1930 — N° 433

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

(MENTION MÉDECINE)

PAR

Genia ROTENBERG

Née à Varsovie, le 6 mai 1904

CONTRIBUTION

A

L'EMPLOI DU FROID

POUR LA

CONSERVATION DU LAIT

Président : M. ROGER, *professeur*

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & Cie, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1930

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1930 — **THÈSE** — N° —

POUR

LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

(MENTION MÉDECINE)

PAR

Genia ROTENBERG

Née à Varsovie, le 6 mai 1904

CONTRIBUTION

A

L'EMPLOI DU FROID

POUR LA

CONSERVATION DU LAIT

Président : M. ROGER, *professeur*

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & Cie, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1930

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale	CUNÉO.
Physiologie	ROGER.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	DESGREZ.
Bactériologie	LEMIERRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	CLERC.
Pathologie chirurgicale	LENORMANT.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LOEPER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MÉNÉTRIER.
Pathologie expérimentale et comparée	RATHERY.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET.
Clinique médicale	CARNOT. BEZANÇON. ACHARD. M. LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBOULLET.
Clinique des maladies des enfants	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	TEISSIER.
Clinique chirurgicale	DELBET. HARTMANN. LEJARS. GOSSET.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	LEGUEU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE. BRINDEAU. JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	VAQUEZ.
Clinique oto-rhino-laryngologique	SEBILEAU.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Clinique de la tuberculose	Léon BERNARD.
Professeur sans chaire	MAUCLAIRE.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

LAJOUANINE. Neurologie et Psychiatrie.
INET . . . . Physiologie.
UBERTIN. . Pathologie médicale.
ÉNARD (H.) Pathologie médicale.
LANCHETIÈRE. Chimie biologique.
ROCQ . . . Pathologie chirurgicale
RULÉ. . . . Pathologie médicale.
ADENAT . . Pathologie chirurgicale.
ATHALA . . Pathologie médicale.
HABROL . . Pathologie médicale.
HEVALLIER. Pathologie médicale.
e GAUDART d'ALLAINES. Pathologie chirurgicale.
OGNON. . . Physique.
ONZELOT . . Pathologie médicale.
CALLE . . . Obstétrique.
EY . . . . . Urologie.
ARNIER . . Pathologie expérimentale
ASTINEL . . Bactériologie.
ATELLIER . Pathologie chirurgicale
IROUD . . . Histologie.
ARVIER. . . Pathologie médicale.
OVELACQUE Anatomie.
UTINEL. . . Pathologie médicale.
OANNON. . . Hygiène.
OYEUX . . . Parasitologie.
ABBÉ (Henri) Chimie biologique.

MM.

LAROCHE (G.) Pathologie médicale.
LEMAITRE. . Oto-rhino-laryngologie.
LEROUX. . . Anatomie pathologique.
LEVEUF . . . Pathologie chirurgicale.
LÉVY-VALENSI. Neuro-psychiâtrie
LIAN. . . . . Pathologie médicale.
MERCIER (F.) Pharmacologie
MILLOT. . . . . Histologie.
MONDOR. . . Pathologie chirurgicale.
MOREAU. . . Pathologie médicale.
MOULONGUET. Pathologie chirurgicale.
MOURE. . . . Pathologie chirurgicale.
MULON. . . . Histologie.
OBERLING. . Anatomie pathologique.
OLIVIER. . . Anatomie.
PIÉDELIÈVRE Médecine légale.
PORTES . . . Obstétrique.
QUÉNU. . . . Pathologie chirurgicale.
RICHET. . . . Physiologie.
SÉZARY . . . Dermatologie et Syphiligraphie.
VALLERY-RADOT (Pasteur) . . Pathologie médicale
VAUDESCAL. Obstétrique
VELTER. . . . Ophtalmologie.
VERNE. . . . Histologie.
VIGNES. . . Obstétrique.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

USQUET. . . . . Pharmacologie.
UÉNIOT. . . . . Obstétrique.
EQUEUX . . . . . Obstétrique.

MM.

NEVEU-LEMAIRE. . Parasitologie.
RETTERER. . Histologie.
ZIMMERN. . . Physique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

MM.		MM.	
ABRAMI. . .	Clinique médicale.	CHEVASSU. .	Clinique chirurgicale.
CHIRAY. . .	Clinique médicale.	HEITZ-BOYER.	Clinique chirurgicale.
DEBRÉ. . . .	Clinique médicale.	MATHIEU . .	Clinique chirurgicale.
DUVOIR. . .	Clinique médicale.	MOCQUOT. .	Clinique chirurgicale.
FIESSINGER.	Clinique médicale.	PROUST. . .	Clinique chirurgicale
LAIGNEL-LAVASTINE.	Clinique méd.	SCHWARTZ .	Clinique chirurgicale.
LERI. . .	Clinique médicale.	LE LORIER .	Clinique chirurgicale.
AUVRAY. . .	Clinique chirurgicale.	LEVY-SOLAL.	Clinique obstétricale.
BASSET.. . .	Clinique chirurgicale.	METZGER . .	Clinique obstétricale.

V. — CHARGÉS DE COURS

M. MAUCLAIRE, professeur sans chaire	Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes.
FREY.	Stomatologie
CHAILLEY-BERT.	Education physique.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique
WEILL-HALLÉ.	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions, émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A MA MÈRE ET MON FRÈRE

MEIS ET AMICIS

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR H. ROGER

Doyen de la Faculté de Médecine de Paris

Avec tous mes remerciements pour l'honneur qu'il a bien voulu nous faire, en acceptant la Présidence de notre Thèse.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ LÉON BINET

En le remerciant de l'accueil très aimable qu'il nous a réservé dans son laboratoire de Physiologie.

A MONSIEUR LE DOCTEUR P. LASSABLIÈRE

En témoignage de grande reconnaissance pour nous avoir inspiré l'idée de ce travail et nous avoir guidé par ses précieux conseils.

CONTRIBUTION

A

L'EMPLOI DU FROID

POUR LA

CONSERVATION DU LAIT

INTRODUCTION

Le rôle universel du lait est bien connu, car c'est là un aliment essentiel à la vie humaine.

L'homme, à tout âge, a recours à lui, et sous différentes formes, il lui attribue, dans l'alimentation générale, une place de tout premier ordre. Le lait est un aliment complet, il renferme les trois éléments fondamentaux nécessaires à l'économie humaine :

I. — La matière albuminoïde, la graisse et les hydrates de carbone ;

II. — Les facteurs minéraux, et

III. — Les vitamines.

Le régime lacté exclusif suffit donc aux besoins nutritifs de l'organisme et nombre important de malades en tirent quotidiennement un profit inappréciable. C'est même souvent grâce à son unique secours qu'on arrive à sauver des milliers d'existences : grâce, par exemple, à sa pauvreté en chlo-

rure de sodium, on obtient de si bons effets dans le brigthisme ; par son action diurétique, la facile digestibilité de sa graisse et de son albumine, le lait réussit de diminuer la toxicité urinaire et intestinale.

Les riches qualités dont la nature l'a si merveilleusement doté, font de lui un agent principal, indispensable à la croissance de la première enfance, période particulièrement importante pour le développement rationnel de l'individu. En effet, le lait est la nourriture exclusive de l'enfant. Or, les raisons les plus diverses, soit inhérentes à l'état de la mère, soit d'ordre social, obligeant souvent celle-ci à renoncer partiellement ou totalement à nourrir son enfant au sein, la femme aura recours à l'allaitement artificiel. Ainsi, une ouvrière ne jouissant pas de sa liberté, mettra son enfant à l'allaitement mixte, de même qu'une maladie chronique (tuberculose, cardiopathie mal compensée, etc.) sera un obstacle insurmontable à l'allaitement naturel. Parfois une simple hypogalactie temporaire ou permanente fera de la femme une nourrice insuffisante et l'on ne doit pas oublier qu'une immense majorité des mères bien portantes et le mieux intentionnées sont ainsi obligées de s'aider du biberon, ce dernier occupant une place de plus en plus prépondérante à mesure qu'on approche de l'époque du sevrage. A partir du huitième mois d'ailleurs, l'allaitement mixte progressif est un phénomène normal.

Parmi les laits pouvant se substituer au lait de

femme, on donne la priorité au lait de vache, d'un coût relativement bas, malgré la différence de composition qu'il présente avec celle du lait de femme, différence qu'on corrige aisément par le coupage du lait, avec addition de sucre.

Quant aux laits d'ânesse ou de chèvre, ils restent d'un emploi assez rare, à cause de l'altération facile et de la cherté du premier, de la composition du second, trop éloignée de celle du lait humain.

Le tableau suivant nous enseigne la composition de ces différents laits pour 1.000.

Provenance	Caséine	Lactose	Graisse	Sel
Femme.....	16	65	35	2,5
Anesse.....	16	60	18	5,—
Chèvre.....	38	43	45	7,—
Vache.....	33	55	37	6,—

Malheureusement, le lait de vache provoque fréquemment des troubles digestifs chez les nourrissons, troubles qui ne sont pas uniquement imputables à la mauvaise qualité de marchandise, mais bien souvent à sa conservation imparfaite.

Mettant à part une certaine sensibilité spécifique du nourrisson (anaphylaxie), qui le met dans l'impossibilité de tolérer même un lait excellent à tous points de vue, il faut convenir, que la plupart des maladies des nourrissons relèvent de l'absorption d'un mauvais lait.

Les signes habituels en sont : les vomissements très tenaces parfois, accompagnés de constipation

ou de diarrhée nommée commune, symptômes d'intolérance gastrique ou d'une assimilation incomplète et même nulle par l'organisme d'un aliment défectueux. Le poids de l'enfant au lieu d'augmenter régulièrement, devient stationnaire ou peut présenter des chutes inquiétantes, indiquant une profonde dénutrition qui conduit souvent à un véritable état d'athrepsie.

C'est surtout pendant les périodes de fortes chaleurs que ces accidents dramatiques se produisent, la conservation du lait étant à ces époques très défectueuse.

C'est aussi à ce moment que se développe le mieux dans le lait un microbe inconnu provoquant la diarrhée cholériforme, maladie d'une gravité exceptionnelle.

Le besoin de conserver le lait, de prévenir sa fermentation, se fait donc sentir d'une manière impérieuse et prend un caractère primordial dans la lutte contre la mortalité infantile causée par les troubles dyspeptiques dûs aux altérations de cet aliment.

A l'heure actuelle, le problème de la conservation du lait domine toute l'hygiène infantile et c'est dans l'intérêt des nouvelles générations, ainsi que de tout consommateur ignorant l'importance de cette question, que nous nous proposons ici de la mettre au point.

FERMENTATIONS.
LES MICROBES DU LAIT

Nous n'avons pas la prétention ici, en quelques pages, de donner une nomenclature complète des microbes du lait. Nous voulons seulement rappeler comment le lait s'altère par suite des fermentations et quels sont les agents de ces fermentations.

C'est encore un des principaux mérites de Pasteur d'avoir prouvé que le lait, ainsi que les autres humeurs et tissus d'organismes vivants, privés de contact avec l'atmosphère extérieure, est dépourvu de germes. Il fut le premier à découvrir l'origine des contaminations que le lait subit, et à indiquer les moyens d'y remédier.

Nous savons que les microbes non pathogènes (saprophytes) du lait viennent de l'air ambiant. Chez la femme c'est tantôt son linge, tantôt la bouche du nourrisson qui contamine le mamelon. Genoud a démontré qu'en réalisant l'asepsie du mamelon avec des précautions d'usage, le lait recueilli est stérile.

Chez les animaux, chez la vache notamment, la contamination se fait au niveau du pis. Il suffit de vider les canaux galactophores, qui sont les premiers

envahis par les microbes, pour que le lait recueilli soit dépourvu de germes.

La contamination est chose d'autant plus aisée que les soins de propreté laissent plus à désirer. Les microbes non pathogènes que l'on décèle dans le lait, y pénètrent surtout au moment de la traite et des manipulations qui la suivent. C'est ensuite, en se développant dans le lait, que ces microorganismes y déterminent soit une fermentation, soit une véritable putréfaction, source, chez l'enfant qui a consommé le lait ainsi corrompu, de très graves accidents.

Le lait joue le rôle, d'ailleurs, à cet égard, d'un merveilleux bouillon de culture, grâce à sa faible alcalinité, à sa richesse en principes azotés et en sels. Aussi les microbes s'y développent-ils avec une remarquable rapidité, même quand la température n'est pas favorable à leur pullulation.

Bitter constate dans un lait prélevé au hasard, la présence de 2.500 à 250.000 germes par millimètre cube.

Miquel a découvert qu'un lait trait à 6 heures du matin contenait deux heures après 9.000 bactéries par centimètre cube et 5.600.000 vingt-cinq heures après !

En 1890, Ed. de Freudenreich de Bern, a prouvé que le lait contient, aussitôt après la traite faite dans des conditions ordinaires, 19 à 320 germes par centimètre cube ; de 1 heure à 2 h. 30 après la traite, c'est-à-dire au moment de l'arrivée du lait en

ville, il en renferme 900 à 23.000 ; 24 à 25 heures après la traite on y décèle de 3.000.000 à 6.350.000 de germes et si l'on porte le lait à la température de 15°, de 200 à 577.000.000.

Enfin, les chiffres du Rodet, donnent également une idée de l'abondance de ces agents de fermentation : en effet, cet auteur a dénombré par centimètre cube, de 330.000 à 2.000.000 de germes cultivables sur gélatine, dans un lait de bonne provenance, examiné à domicile.

D'autre part, en ce qui concerne la rapidité de la pullulation des microbes dans ce liquide, il est arrivé à cette constatation qu'un flacon de lait stérilisé ne donnait aucune culture sur gélatine. Ce même lait, consommé partiellement par un nourrisson, puis conservé à la température de la chambre, sans avoir subi aucun contact autre que celui de la tétine et de la bouche de l'enfant, donne à l'analyse, 12 heures après, 200.000 germes par centimètre cube.

Ces microorganismes sont d'autant plus dangereux que pour la plupart, pendant un certain temps, ils ne manifestent leur présence dans le lait par aucun signe extérieur, alors qu'ils ont déjà accompli des modifications profondes.

Nous rappellerons brièvement ici que ces modifications portent d'une part sur la lactose du lait, d'autre part sur la caséine. Il y a là une indication dont on s'est servi pour classer les agents qui produisent ces modifications en deux groupes.

1° Saprophytes de la lactose (ferments lactiques).

2° Saprophytes de la caséine (thyrothrix, etc).

Les ferments lactiques, dont la découverte est due au génie de notre immortel Pasteur, agissent sur le sucre du lait qu'ils décomposent, avec formation d'acide lactique.

Quand le taux de cet acide lactique atteint 7-8 %, la caséine elle-même se coagule. On dit alors que le lait « a tourné » et l'altération devient ainsi évidente pour les plus ignorants.

Nous verrons plus loin que Lassablière a proposé le contrôle de la fermentation lactique pour juger de l'altération du lait non pas au point de vue de l'hygiène, mais comme critérium rapide et pratique de l'action du froid sur la fermentation. C'est cette méthode qui nous a guidée dans nos recherches et que nous exposerons plus loin.

Les agents du second groupe ou thyrothrix, respectent le sucre du lait, mais attaquent la caséine qu'ils coagulent. Le danger de leur pullulation est double, car les ferments qu'ils secrètent ne se révèlent pas sous forme de fermentation acide. Par suite, leur présence passe inaperçue et le lait ne paraissant pas altéré, n'en est que plus dangereux.

Tels sont les principaux agents qui contribuent à l'altération du lait. Nous allons examiner maintenant les moyens qui ont été essayés pour enrayer leur action néfaste.

MOYENS DE CONSERVATION DU LAIT.

A. — Moyens chimiques.

Parmi les moyens mis en œuvre pour conserver au lait ses propriétés, et pour empêcher sa fermentation, on a voulu utiliser les moyens chimiques.

Or, ce sont là autant de fraudes et des sophistications que l'hygiène et la loi réprouvent sévèrement. Malheureusement, à partir du mois de mai, leur emploi à Paris et dans les grands centres devient d'un usage courant.

a) Alcalins.

Déjà Darcet et Petit, en 1839, avaient proposé d'alcaliniser le lait, dans la proportion de 1 0/00 pour s'opposer à sa décomposition, mais tous les alcalins employés dans ce but, sont plus ou moins dangereux.

Les plus inoffensifs, tel que le bicarbonate de soude même, doivent être rejetés, car sous l'action de la chaleur, dans le lait ainsi alcalinisé, il se forme du carbonate de soude qui est toxique. Tous les autres alcalins, borax, benzoate de ma-

gnésie, chaux, soufre, ammoniaque, sont encore plus nocifs.

Lazarus et Lassablière ont démontré, d'ailleurs que la plupart de ces alcalins, s'ils retardent surtout la fermentation lactique, n'empêchent pas la fermentation microbienne ; ils ne font que la ralentir.

b) Acides.

Les antiseptiques acides ne sont pas davantage à recommander. L'acide borique lui-même, qu'on prétendait inerte, n'est pas sans danger, comme Duclaux l'a indiqué.

Tous ces moyens chimiques sont impuissants à assurer la conservation du lait. Tout au plus retardent-ils la pullulation microbienne et permettent-ils ainsi aux commerçants de mauvaise foi, de livrer un lait altéré, mais de saine apparence.

D'ailleurs, l'Académie de Médecine les a condamnés et le Conseil Supérieur d'Hygiène a déclaré que le lait ne doit être additionné d'aucune substance étrangère. Leur emploi expose donc à des poursuites légitimes.

c) Formol.

Nous devons insister sur cet agent chimique à cause de sa paternité plus scientifique.

C'est en 1904 que Behring, hypnotisé dans sa lutte contre la tuberculose, par les vertus immunisantes du lait cru, recommanda l'emploi du formol

pour la conservation du lait. Pour ce savant, seul, parmi les substances chimiques conservatrices, le formol en solution aqueuse du commerce (40 %) peut donner des résultats pratiques.

Ainsi, une addition de 2 % de cette solution serait inoffensive. Bien plus une addition de 1 0/00 serait suffisante pour conserver le lait pendant huit jours sans altérer son odeur ni sa saveur.

Et dans ces conditions, le lait conserverait sa teneur en corps immunisants.

Enfin, pour juger de l'innocuité du formol dans le lait, Behring alimenta des veaux avec du lait contenant 1 de formol pour 10.000 et il constata que leur accroissement non seulement n'était pas retardé, mais devenait, paraît-il, supérieur à la normale.

Le travail de Behring a été discuté et cependant ses conséquences en hygiène infantile ont été déplorables. Malgré l'autorité de Behring, l'emploi du formol dans le lait destiné à l'alimentation de jeunes enfants, a été condamné par tous les puériculteurs, pour avoir même causé des accidents mortels.

d) Eau oxygénée et oxygène.

On a tenté de conserver le lait, en le mettant en contact avec de l'oxygène sous pression. Ces essais ont fait l'objet de critiques très vives. Dès le début, Comby, Hutinel, Noirard ont relaté plusieurs cas de scorbut chez des enfants nourris avec du lait oxy-

géné. C'est pourquoi l'usage de celui-ci ne s'est pas répandu.

En 1906, Behring a annoncé avoir résolu le problème pratique de la conservation du lait au moyen de l'eau oxygénée. Ce procédé a fait faillite à peine né et tout le monde s'accorde aujourd'hui pour en bannir rigoureusement l'emploi.

B .— **Moyens physiques.**

Les moyens physiques sont les seuls autorisés.

Jusqu'à maintenant, la chaleur surtout a été employée et l'on se doit de reconnaître que la stérilisation du lait par la chaleur a constitué un des plus grands progrès de l'hygiène infantile.

Cependant, la stérilisation par ce moyen présente de sérieux inconvénients. Elle prive tout d'abord le lait de ses ferments naturels et surtout de corps très précieux, ses vitamines, qu'elle tue.

Par suite, les enfants présentent une débilité marquée, leur croissance est retardée et porte l'empreinte de maintes anomalies.

D'autre part, il ne paraît pas douteux qu'un lait stérilisé constipe l'enfant, car la stérilisation détruit des ferments utiles à la digestion du lait.

Les laits stérilisés et leurs succédanés entraînent par leur manque en vitamines des affections telles que le scorbut infantile ou la maladie de Barlow, qui ne se rencontre jamais chez l'enfant nourri au sein. On connaît les symptômes alarmants de cette

affection de la première enfance, caractérisée par une anémie, une arthrite très douloureuse, le purpura, etc. La mort en est souvent la conséquence, si on n'intervient pas à temps. La suppression des vitamines dans le lait est aussi une des causes de rachitisme.

La pasteurisation ou le chauffage du lait aux environs de + 75° à + 80°, est bien insuffisante pour une conservation dépassant au maximum 3 jours et cela tient à la survie des microbes qui produisent la fermentation .

Le plus grave reproche qu'on puisse faire à cette méthode, c'est qu'en détruisant le ferment lactique, elle supprime un simple et excellent critérium de la valeur du lait, à portée de tout le monde, qui est la constatation, en le chauffant, qu'il « tourne » ou non. « Au contraire, dit Lassablière, les thyrothrix et autres, respectés par la pasteurisation, évoluent sans modifier apparemment la composition du lait, qui devient ainsi un bouillon véritable de culture si funeste qu'il a pu causer la mort des enfants qui l'avaient ingérés. Le lait pasteurisé ne fermente plus, il pourrit. »

C'est pour cette raison qu'il sera prudent d'utiliser un lait pasteurisé dans les vingt-quatre heures qui suivent la stérilisation.

Pour ce qui est de l'ébullition, ce procédé est suffisant seulement pour la consommation du jour. Comme on le voit ce n'est pas là une résolution satisfaisante de notre problème.

EMPLOI DU FROID POUR LA CONSERVATION DU LAIT

Chapitre Premier

Conditions générales pour l'emploi du froid dans la conservation des aliments en général et du lait en particulier.

Le froid, contrairement à la chaleur, ralentit les réactions chimiques d'origine microbienne, animale ou végétale et, par conséquent, tous les phénomènes vitaux, biologiques sont plus ou moins suspendus suivant la température atteinte.

C'est, par excellence, un facteur d'inhibition des processus de décomposition des aliments, du fait qu'il arrête la fermentation préexistante et qu'il retarde l'apparition de la fermentation au cas où elle n'existait auparavant.

La parfaite conservation d'un aliment est d'autant plus aisée que la température ambiante est plus basse.

Nicolle et Petit ont démontré dans leurs expériences cette action paralysante du froid par des chiffres suffisamment éloquents. en portant deux portions d'un lait à des températures différentes et

en évaluant ensuite les nombres suivant la qualité des germes par centimètre cube. Ainsi nous voyons :

	Glacière + 6° à 12°	Local + 22°
Immédiatement après la traite.....	6.250	6.250
4 heures —	5.000	25.000
8 heures —	12.500	310.000
24 heures —	87.700	11.000.000

Quelle que soit, en tous cas, la cause des actions chimiques, microbes ou diastases, le froid ne fait que ralentir temporairement leur développement et par suite leur action, sans détruire toutefois les agents eux-mêmes.

C'est-à-dire que le froid n'améliore en rien l'état du lait soumis à son action, il « rend ce qu'on lui a donné ». Il en résulte qu'un produit altéré déjà avant la réfrigération, ne saurait être modifié par l'intervention du froid ; les phénomènes putréfactifs sont bien « glacés », pour ainsi dire, mais ils reprendront leur cours normal dès que le froid cessera d'agir. C'est un point capital et nous nous y sommes arrêtés spécialement pour souligner qu'il est d'une grande importance de ne confier au froid que des produits absolument sains afin d'obtenir des résultats satisfaisants.

Or, les transformations microbiennes ou diastasiques commençant pour les denrées périssables d'assez bonne heure, il est tout indiqué de les soumettre à l'action du froid le plus tôt possible après la récolte, particulièrement le lait à cause de sa cha-

leur propre initiale. Sorti du pis de la vache, le lait a une température de 36° environ et son équilibre avec celle du milieu ambiant ne s'établit que très lentement. Ainsi pour 10 à 12 litres contenus dans des seaux en fer blanc, il faut compter 10 à 12 heures pour prendre la température de l'air environnant dans un local à + 14° ou + 15°. Afin d'éviter cette phase critique du lent refroidissement, si favorable à la pullulation des germes, il est de première importance d'exécuter rapidement le refroidissement, aussitôt la traite terminée. La température doit en être convenablement réglée et rester constante pendant toute la durée de son séjour dans un lieu destiné *ad hoc*.

Le degré de froid n'est pas fixe pour des denrées différentes, on peut le faire varier à volonté suivant les facteurs qui entrent en jeu, mais il convient de ne pas dépasser les limites extrêmes au-delà desquelles on risque de provoquer soit l'altération chimique des produits soit un changement indésirable de sa consistance.

C'est par une chaîne ininterrompue d'intermédiaires que passe le lait, avant d'arriver jusqu'au consommateur. Les conditions les plus parfaites, tant au point de vue de conservation et de transport que de maximum d'hygiène pendant la manutention, doivent être assurés au lait pendant tout ce trajet.

Il était donc indispensable d'organiser dans ce but des entrepôts frigorifiques mobiles pour le

transport dans les wagons et les bateaux et des entrepôts fixes non seulement aux lieux de production, mais encore chez le détaillant et aux lieux de consommation.

Dans les entrepôts, le refroidissement du lait se fait en général rapidement, mais à la sortie des chambres froides, pour éviter de brusques changements de température, on pratique l'éclusage ou séjour dans une pièce à température intermédiaire entre celle de l'extérieur et celle de la chambre froide.

Pour compléter ces considérations générales, on est obligé de mentionner encore deux facteurs nécessaires à une bonne conservation des aliments : l'état hygrométrique et l'apport d'air.

Le premier est fixé d'après la nature de la denrée et sa température de conservation. Il est important, qu'il soit constant et aussi élevé que possible pour éviter les pertes de substance par évaporation.

Le second, qui est loin d'être négligeable, c'est la restriction au maximum pendant la conservation du renouvellement d'air qui pourrait facilement influencer la température.

Chapitre II

Réfrigération à la ferme

C'est le point de départ duquel dépend l'état ultérieur du lait expédié en ville.

Pour la réfrigération immédiate du lait sorti du

pis de la vache, on emploie des procédés différents. Le plus simple consiste à plonger uniquement les bidons déjà remplis de lait dans une cave pleine d'eau fréquemment renouvelée et mélangée souvent avec de la glace, ce dernier facteur assurant la température d'environ + 6° qui permet une bonne conservation du lait. Sans glace, l'eau venant le plus souvent des puits et gardant une température de + 12° environ, une conservation de quelques heures seulement est atteinte.

Un moyen plus perfectionné consiste à employer un seau à double fond muni d'une provision de glace. On peut encore faire passer directement le lait sur un réfrigérant parvenu par un courant d'eau glacée. Pour la traite du soir qui ne permet pas un transport immédiat, les fermiers ont souvent recours à la réfrigération par séjour dans des caves ou dans des endroits bien frais, mais cette manière d'agir est le plus souvent insuffisante.

Le lait, après le ramassage, est transporté à la laiterie centrale, où il subit le triage et la pasteurisation à + 75° ou + 80°, après quoi on le refroidit à + 4°, + 6°.

Ainsi armé contre l'altération, il est réparti dans des récipients stérilisés qu'on bouche hermétiquement.

Ensuite on place ceux-ci dans une chambre froide à une température n'excédant pas celle du lait.

Chapitre III

Réfrigération pendant le transport

C'est là une opération bien compliquée quand arrive la chaude saison de l'été, quoique le transport ait lieu pendant la nuit.

L'échauffement du lait dépend essentiellement de la température extérieure et pour combattre ses fâcheux effets, il n'y a que les wagons frigorifiques qui soient d'une réelle utilité. La réfrigération s'y fait à l'aide de machines à compression, réglées de façon à maintenir une température convenable.

Le simple arrosage du plancher du wagon est d'une efficacité illusoire et cette pratique disparaît avec le progrès apporté par les machines. On peut citer encore à titre documentaire, les nageurs à glace, presque complètement abandonnés à l'heure actuelle. Placés dans les bidons, leur extrémité supérieure fixée au couvercle, tandis que l'autre, entourée de glace, nage librement dans le lait, ils maintiennent par la lente fusion de la glace une température suffisamment basse. Leur emploi toutefois ne s'est pas répandu à cause de la grande difficulté de leur entretien.

Chapitre IV

Réfrigération chez le consommateur.

Pour la conservation du lait à domicile on a préconisé l'usage des glacières ou meubles assurant le froid à l'aide de la glace. Le public les a pourtant mal accueillies jusqu'à présent et pour cause !

En effet, tout en considérant en principe cet objet comme très précieux pour la conservation des aliments périssables, on ne peut nier les grands inconvénients de ce type de glacières.

Tout d'abord, la température s'y élève assez rapidement peu après le chargement, les fréquentes ouvertures des portes et l'introduction de nouvelles pièces ne contribuant qu'à l'augmenter si bien qu'elle atteint habituellement + 12°.

L'autre défaut que présente la glacière est la saturation de l'atmosphère par l'humidité, condition favorable par excellence au développement des moisissures. Or, en 1883 déjà, Mignon et Rouart ont proposé pour parer à ces imperfections, l'emploi de la glace salée pour la conservation de la viande, mais ce procédé n'a malheureusement pas pris d'essor pour des raisons techniques. Nous voyons donc que la glacière ordinaire donne, par suite des inconvénients mentionnés ci-dessus, une fausse sécurité.

Monvoisin, dont la compétence est l'autorité, fait leur procès très justement. Il rappelle qu'elle favo-

rise le développement des microorganismes par ses variations de température incessantes, par ses tendances à saturer l'atmosphère par l'humidité. Comme il le dit très bien, en ce qui concerne la viande notamment, la pullulation des microorganismes est particulièrement active à la surface et la périphérie des morceaux se fait assez rapidement gluante : des moisissures font leur apparition. A ce moment, si l'on ouvre la porte de cette glacière, la viande exhale une odeur de relent, caractéristique d'une putréfaction commençante.

En ce qui concerne le lait qui fait l'objet de notre étude, ce sont surtout les variations de température qui constituent un inconvénient pour sa conservation.

D'autre part, il est bien certain qu'en pratique, les mêmes glacières sont appelées à servir pour toutes les denrées périssables et qu'on ne saurait conseiller un meuble distinct pour le lait, pour la viande et pour tout autre aliment. Ce sont d'ailleurs, les inconvénients, de ces meubles-glacières à chargement de glace, qui ont nui auprès du public à la vulgarisation du procédé par le froid. Au contraire, l'apparition des meubles industriels, où le froid est produit par l'évaporation de l'ammoniaque notamment, a transformé les conditions du problème. Dans ce meuble-glacière, où la température reste constante, où l'état hygrométrique est toujours le même et assure un froid sec, la conservation des aliments est absolue.

Nos laboratoires de biologie utilisent déjà ces glacières pour la conservation des produits ou des liquides de l'organisme.

C'est un de ces appareils qui nous a servi dans nos recherches et sa supériorité sur la glacière ordinaire nous paraît incontestable.

Fonctionnement de l'appareil

Une solution saturée d'ammoniaque, placée dans un bouilleur annulaire, est chauffée par une résistance électrique ou un bec de gaz. La température de la solution s'élève, le pouvoir absorbant de l'eau diminue, et le gaz ammoniac libéré gagné la partie supérieure du bouilleur.

En se séparant du liquide en ébullition, le gaz entraîne avec lui une certaine quantité d'eau, soit en gouttelettes infiniment petites, soit à l'état de vapeur. Il importe de le dépouiller de cette eau. A cette fin, le gaz passe dans un rectificateur. Les gouttelettes d'eau sont retenues par les chicanes disposées dans le tube central du rectificateur, tandis que la vapeur d'eau se condense, grâce au refroidissement provoqué par l'évaporation d'une petite quantité d'ammoniaque liquide que contient toujours la chambre annulaire du rectificateur. L'eau de condensation retourne au bouilleur par gravité.

A la sortie du rectificateur, le gaz ammoniac, parfaitement désséché, gagne le tube annulaire d'un condenseur à contre-courant d'eau où il se

liquéfie. Le liquide ammoniac se rassemble ensuite dans un collecteur.

Une petite quantité du liquide est prélevée dans ce dernier pour alimenter la chambre annulaire du rectificateur. Le gaz chaud qui traverse ce dernier, en élevant de quelques degrés la température de l'ammoniac liquide, provoque l'évaporation de ce liquide, et le gaz formé est dirigé par un tube coudé vers le condenseur, où il se refroidit et se condense à nouveau.

Il ne se produit aucune nouvelle élévation de température de l'ammoniac liquide, qui est ainsi maintenu à température constante par sa propre évaporation.

Il importe de bien remarquer qu'il ne passe strictement dans le rectificateur que la quantité d'ammoniac liquide nécessaire pour éliminer du gaz la vapeur d'eau, l'excédent, quantité beaucoup plus importante, passant dans l'évaporateur par tube recourbé.

L'ammoniac liquide tombe alors sur une série de disques placés dans l'évaporateur, disques superposés, formant autant de plateaux à perforations contrariées, avec rebords, à travers lesquelles le liquide se déverse de disque en disque. Il se forme ainsi sur chaque disque une mince pellicule de liquide. Celui-ci est ainsi réparti sur une grande surface, ce qui facilite son évaporation.

L'évaporateur communique avec l'absorbeur. Celui-ci absorbe le gaz ammoniac d'une façon con-

tinue, et l'équilibre entre le liquide et le gaz ne peut ainsi se maintenir dans l'évaporateur que par l'évaporation d'une quantité de liquide ammoniac égale à la quantité de gaz absorbé.

Le liquide ammoniac s'évapore donc d'une façon continue dans l'évaporateur, et, absorbant la chaleur de vaporisation qui lui est nécessaire, produit du froid.

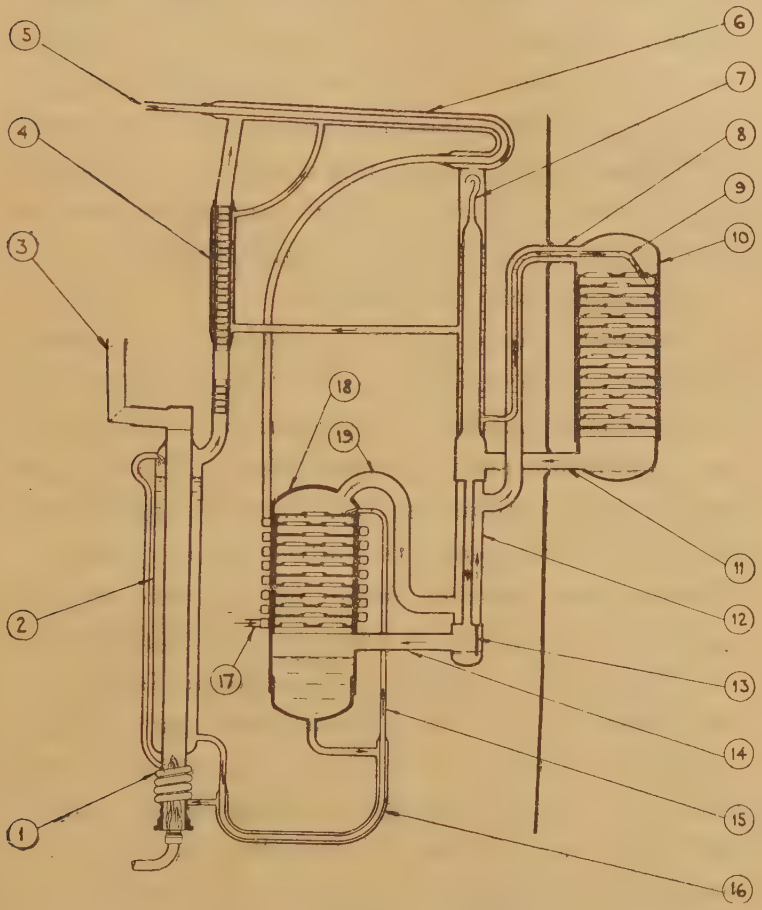
On doit remarquer que les disques métalliques placés dans l'évaporateur assurent une parfaite conductibilité thermique avec l'enveloppe extérieure, et transmettent rapidement à l'extérieur le froid produit intérieurement par la vaporisation de l'ammoniaque liquide.

L'évaporateur est placé à l'intérieur du meuble à refroidir. Il est entouré d'un radiateur à aillettes assurant une grande surface réfrigérante. Ce radiateur porte des tiroirs dans lesquels on peut fabriquer des cubes de glace.

Il a été indiqué plus haut que l'évaporation se produisait sous l'effet de l'absorption continue du gaz dans l'absorbeur. Il est nécessaire d'expliquer cette opération.

L'eau ammoniacale chauffée dans le bouilleur se rassemble à la partie inférieure de celui-ci au fur et à mesure du départ du gaz ammoniac, car elle devient plus lourde que l'eau saturée. L'eau chaude et pauvre sort du bouilleur à la partie inférieure de ce dernier, se refroidit en passant dans le tube central d'un échangeur de températures, puis gagne

la partie supérieure de l'absorbeur moins élevé que le niveau du liquide du bouilleur. L'eau froide, ayant donc à nouveau un pouvoir absorbant élevé, tombe alors sur une série de disques perforés dont



1. Source de chaleur (gaz ou électricité) ; 2. Bouilleur ; 3. Cheminée ; 4. Rectificateur ; 5. Sortie de l'eau ; 6. Condenseur ; 7. Tube spécial pour hydrogène ; 8. Tube hydrogène ; 9. Tube ammoniaque liquide ; 10. Evaporateur; 11. Conduite gaz ammoniaque et hydrogène ; 12 et 13. Echangeur de température gazeux ; 14. Conduite gaz ammoniaque et hydrogène ; 15. Tube solution pauvre; 16. Echangeur de température ; 17. Entrée de l'eau ; 18. Conduite d'hydrogène ; 19 Absorbeur.

les trous sont disposés en chicanes, en brassant ainsi le gaz ammoniac qu'elle absorbe continuellement. La solution riche obtenue se rassemble à la partie inférieure de l'absorbeur.

La chaleur développée par l'absorption, phénomène inverse de celui qui se passe dans le bouilleur, est emportée par une circulation d'eau. Celle-ci est établie dans un tube enroulé autour de l'absorbeur et en contact intime avec les parois de ce dernier. L'eau utilisée pour emporter la chaleur développée par l'absorption gagne ensuite le condenseur, puis sort de l'appareil.

La solution riche et froide, obtenue à la partie inférieure de l'absorbeur, passe dans le tube annulaire de l'échangeur de températures, en refroidissant la solution pauvre et chaude qui passe en sens inverse dans le tube central, allant du bouilleur à l'absorbeur. Elle passe ensuite dans un tube de faible diamètre enroulé autour de la source de chaleur, où elle est portée presque instantanément à une température élevée qui provoque le départ d'une certaine quantité de gaz ammoniaque. Celui-ci s'échappe sous la forme de bulles entraînant avec elles des index de liquides, et la solution gagne ainsi la partie supérieure du bouilleur, c'est-à-dire son point de départ.

On doit immédiatement constater que le circuit est ainsi rigoureusement fermé et que la même solution introduite une fois pour toutes dans l'appareil peut servir indéfiniment.

Il importe de remarquer que la pression du gaz ammoniac est beaucoup plus élevée dans le bouilleur que dans l'absorbeur. De sorte que s'il n'existait que ce gaz dans l'appareil, il faudrait vaincre une différence de pression importante pour faire passer la solution riche de l'absorbeur dans le bouilleur, et le phénomène d'émulsion utilisé ne suffirait pas. Il faudrait faire appel à une pompe, à un moteur.

Une idée remarquablement ingénieuse a permis de supprimer la différence de pression et par conséquent d'éviter toute pièce mécanique en mouvement.

On a introduit un gaz indifférent dans l'appareil et celui-ci, sans troubler le processus frigorifique, équilibre les variations de la pression du gaz ammoniac en se rassemblant dans les parties de l'appareil où cette pression est très faible, c'est-à-dire dans l'évaporateur et dans l'absorbeur. Il est chassé vers ces derniers par le gaz ammoniac sortant du bouilleur dès que l'appareil est mis en marche, et le tube spécial recourbé et ouvert assure son passage.

L'hydrogène a été choisi comme gaz indifférent. Ce choix est dû à la très grande légèreté de ce gaz par rapport à celle du gaz ammoniac, différence de densité dont on a tiré le plus grand parti.

La pression totale étant la même dans l'évaporateur et l'absorbeur, on doit remarquer que l'atmosphère de l évaporateur, plus spécialement constitué

par du gaz ammoniac, est plus lourde que celle de l'absorbeur, où le gaz ammoniac étant absorbé prédomine l'hydrogène. L'évaporateur est placé plus haut que l'absorbeur, de sorte que la différence de densité des deux atmosphères provoque une circulation automatique de la masse gazeuse, gaz ammoniac et d'hydrogène, de l'évaporateur vers l'absorbeur par les conduites indiquées sur le schéma.

La masse gazeuse est ainsi animée d'un mouvement descendant dans l'évaporateur et d'un mouvement ascendant dans l'absorbeur. Le gaz ammoniac circule donc dans l'absorbeur en sens inverse de l'eau pauvre qui doit l'absorber pour s'enrichir, et, cette circulation méthodique assure une absorption parfaite.

L'atmosphère gazeuse n'est plus alors constituée que par de l'hydrogène lorsqu'elle a gagné la partie supérieure de l'absorbeur. Ce gaz se dirige alors vers l'évaporateur par le tube annulaire de l'échangeur de température gazeux.

Il importe de remarquer que ce tube annulaire entoure complètement le tube dans lequel passe la masse gaz ammoniac et hydrogène allant de l'évaporateur vers l'absorbeur. Cette masse gazeuse étant à une température très basse, lorsqu'elle quitte l'évaporateur, refroidit donc l'hydrogène passant dans le tube annulaire. Aussi, ce gaz rentre à la partie supérieure de l'évaporateur à la température qu'il avait à la sortie, quelle que soit la température de régime de l'absorbeur. Celle ci dépen-

dant notamment de la température de l'eau de réfrigération, on conçoit que l'appareil puisse fonctionner avec une eau de réfrigération à la température élevée.

MÉTHODES POUR APPRÉCIER LE DEGRÉ DE LA FERMENTATION LACTIQUE

On peut pour apprécier le degré de la fermentation lactique, soit évaluer le nombre des ferments par énumération, soit contrôler l'activité biochimique par dosage.

Pour évaluer le nombre des ferments, on peut recourir à la numération directe, mais ce procédé utilisé en bactériologie et qui consiste à ensemencer des plaques de gélose avec une culture très diluée, puis à compter le nombre de colonies ainsi obtenues, avait plusieurs inconvénients pour nos recherches. D'abord, ces numérations sont laborieuses, impossibles par conséquent à réaliser plusieurs fois dans une même journée et d'autre part, elles ne fournissent qu'une mesure approximative, car elles comportent des erreurs considérables.

On pouvait à la rigueur, tenter une évaluation indirecte de la multiplication des germes, à l'aide des procédés opacymétriques, mais ces procédés sont très imparfaits et ne donnent pas la mesure exacte de l'état de conservation du lait. On pouvait encore séparer les ferments lactiques en les centrifugeant, puis les peser après dessiccation, ou doser

la matière azotée, mais ce procédé trop laborieux pour permettre des mesures nombreuses, n'est pas exempt de causes d'erreur.

La mesure de l'activité biochimique du ferment lactique par le dosage de la fermentation lactique, est le procédé de choix pour l'étude que nous voulions tenter. Comme nous l'avons déjà dit, il a l'avantage d'être très précis, très rapide et de donner une idée exacte de pouvoir fermentatif qui se confond avec le processus de multiplication.

EXPÉRIENCES PERSONNELLES

Pour apprécier l'action du froid sur la conservation du lait le Dr Lassablière et nous-mêmes avons eu recours à une méthode très simple inaugurée par le professeur Richet qui consiste, au lieu de numéroter les ferments, à juger de leur nombre et de leur action par le dosage de l'acide lactique qu'ils ont produit. Nous avons donc mis différents laits et d'autres milieux ensemencés avec du ferment lactique dans la glacière spéciale, dont nous avons parlé plus haut. Après un séjour variant de quelques heures à 30 jours, ces laits étaient examinés c'est-à-dire qu'on dosait l'acide lactique. Avant de rappeler les conditions exactes dans lesquelles nos différentes expériences ont été effectuées, nous mentionnerons comment ce dosage était pratiqué.

Dosage de la fermentation lactique.

Nous nous sommes inspirés de la thèse du Dr Lassablière (action du sulfure de calcium phosphorescent sur la fermentation lactique, 1904). La liqueur servant au titrage ne doit être ni concentrée ni trop diluée. Avec une solution de KOH à 1 gramme p. 100, on peut être à peu près sûr d'un dixième de centimètre cube, ce qui représente un milligramme de

KOH. La potasse doit être autant que possible tenue à l'abri de l'air, car le passage au rose devient moins facile à saisir quand il y a des carbonates alcalins.

Avant de pratiquer le dosage, les laits examinés recevront chacun la même quantité de phénolphtaleïne, soit pour 25 centimètres cubes de lait 5 gouttes d'une solution alcoolique de phénolphtaleïne à 5 %. Le passage au rose n'est pas instantané, par suite des phénomènes de dissociation propres à tous les sels organiques (de lactates et de butirates notamment). Il est nécessaire d'adopter une teinte nettement rose et nous avons pu constater que cette méthode donne une exactitude à une ou deux gouttes près, soit 1/10 de centimètre cube de la solution de potasse.

Lors de nos premières recherches, il nous avait paru avantageux, de prendre la moyenne de 2 chiffres : le premier au moment où la teinte rose apparaît assez nettement pour qu'on ne doute pas de la coloration ; et le second au moment où la teinte est tellement franche qu'on peut la voir de loin et qu'il n'y a plus d'hésitation possible même pour un témoin placé à distance.

Nous avons renoncé à cette moyenne au cours de nos expériences lorsque nous avons été très maître de notre technique et que nous nous sommes rendu compte par différentes épreuves sur des témoins que nous pouvions déceler le passage au rose à une goutte près, comme on l'a dit plus haut.

D'ailleurs il nous est arrivé de confronter nos résultats avec ceux identiques obtenus par un aide-

Laits employés.

Le lait examiné a été le plus souvent du lait ordinaire pris dans les crèmeries.

Cependant, dès le mois d'avril, à l'apparition d'une température extérieure plus élevée, nous avons remarqué que contrairement au lait examiné l'hiver le lait employé ne fermentait plus. Cela tient à ce qu'en raison de la chaleur commençante, les commerçants peu scrupuleux, additionnent leur lait d'antiseptiques, « de conservatoires », comme l'un d'eux a avoué cyniquement.

Nous nous sommes aperçu de ces fraudes, en constatant que le tube témoin de chaque lait que nous employons, mis à l'étuve à 40°, ne fermentait plus.

Nous avons donc été obligés de recourir à des laits ensemencés avec du ferment lactique.

Au début, nous avons employé, des laits stérilisés ou nous nous sommes servis de petit lait obtenu par l'addition de quelques gouttes de présure à du lait porté à une température de 45°. Nous ensemencions ces milieux avec un ferment lactique obligeamment prêté par le laboratoire Fournier frères.

Nous avons renoncé au milieu de culture proposé par Cardot et Eudoxie Bachrach, bien qu'il ait l'avantage d'être très homogène et de permettre des fermentations plus rapides que le petit lait.

La préparation de ce milieu est la suivante : dans un peu d'eau, on délaye 200 grammes de caséine finement moulue et 20 grammes de pancréatine commerciale. Le tout est bien malaxé en une bouillie homogène, dont on amène le volume à 1 litre par addition d'eau. Ce mélange est placé pendant 24 heures à l'étuve à 50°, puis filtré sur linge, pour séparer la caséine non digérée. Le filtrat obtenu est fortement acide ; on neutralise environ les 2/3 de son acidité titrale à la potasse et on le porte à 115° pendant 10 minutes. Ensuite, après filtration sur papier, on obtient un liquide bien limpide qu'on ramène au volume d'un litre par addition d'eau distillée. D'autre part, 20 grammes de lactose sont dissous dans un litre d'eau distillée et ajoutée au liquide précédent.

Le milieu ainsi réalisé, ne convient pas encore pour les cultures, il lui faut donner l'acidité nécessaire, en l'ensemençant.

Ce milieu avait pour nous l'inconvénient de créer un lait trop artificiel et trop éloigné du lait ordinaire.

Pour nous placer absolument dans les conditions de la vie courante, lorsque nous ne pouvions pas employer du lait de crèmerie parce que nous le supposions altéré par les fraudes, nous avions recours à du lait condensé que nous diluions suivant le cas avec 4 ou 8 parties d'eau et que nous stérilisions.

La stérilisation était faite à l'autoclave à 110° et durait 5 minutes. Il y a intérêt à ne pas dépasser

cette température à cause de la caramélisation du lait qui se produit au-dessus de 110°. Cette caramélisation a le gros inconvénient, en altérant la couleur du lait de gêner considérablement le dosage acidimétrique.

Pour ensemencer le lait, nous employions toujours la même quantité de semence lactique, soit 4 ou 8 gouttes, suivant les expériences, pour 25 cmc. de lait stérilisé.

Le lait naturel ou stérilisé était réparti en tubes de 25 cmc.

On dosait l'acidité initiale dans un de ces tubes, puis on portait les autres à la glacière, où ils restaient un certain nombre d'heures ou de jours, variant avec les expériences citées.

Au sortir de la glacière, on dosait l'acidité de quelques tubes.

D'autres étaient laissés à la température ambiante ou mis à l'étuve à 40° pour vérifier si la fermentation qui avait été suspendue par le froid, pouvait reprendre.

Pour juger de l'action du froid sur la conservation du lait, nous avons eu recours, non pas à une numération directe des ferments, mais au dosage de l'acide lactique.

Cette méthode, inaugurée par le Professeur Charles Richet, et que l'un de nous a très souvent employée en collaboration avec ce maître, a l'avantage d'être très simple, très exacte et surtout très rapide, par suite elle permet des contrôles répétés à différents

moments. Elle définit à un de ces moments le résultat de l'activité biochimique des ferments et par conséquent, elle traduit l'état de conservation du lait.

Nous avons expérimenté sur du lait ordinaire et sur du lait stérilisé ensemencé avec un ferment lactique. Nous pratiquons le dosage de la fermentation lactique au début de l'expérience et à différents moments au cours d'un séjour plus ou moins prolongé au froid. Nous utilisions comme glacière un appareil perfectionné permettant d'obtenir un froid sec et des températures constantes, que nous choisissions à notre volonté, au-dessous de zéro jusqu'à — 12°.

RÉSULTATS

Cette méthode nous a permis de constater les résultats suivants :

1° Le lait porté à des températures variant entre 0° et — 12° ne fermente plus

En effet, le lait porté 24 heures à ces basses températures, conserve la même acidité que celle qu'il avait avant d'être placé dans la glacière.

Nombre d'expériences	Température de la glacière	Durée du séjour à la glacière	Acidité lactique après le séjour	Acidité initiale de l'expérience
V	— 5°	24 h.	100	100
V	— 7°	24 h.	100	100
III	— 8°	24 h.	100	100
III	— 12°	24 h.	100	100

Dans le tableau précédent, l'acidité relevée a toujours été ramenée à 100.

Ainsi, l'acidité constante indique que la conservation du lait à ces basses températures est parfaite.

Pour fixer les idées, nous rapportons intégralement quelques-unes des expériences précédentes.

Du lait ordinaire est réparti en tubes de 25 cmc. On dose l'acidité lactique avec la solution de potasse

en présence de la phénolphtaléine dans l'un de ces tubes, en même temps qu'on porte les autres dans la glacière.

L'acidité de ce tube-témoin = 3 cmc., 5.

24 heures après un tube est retiré de la glacière On dose son acidité et on trouve 3 cmc., 5.

24 jours après, on retire un nouveau tube de la glacière, l'acidité est encore égale à 3 cmc. 5.

Parmi tant d'autres, nous citons intégralement cette expérience, pour montrer la netteté des résultats obtenus.

2° Le lait porté à des températures entre 0° et — 12° conserve son pouvoir fermentatif quoique ralenti.

En effet, le froid, à ces basses températures, ne tue pas le ferment lactique, mais inhibe plus ou moins son activité biochimique. Les laits ayant séjourné à ces basses températures, puis portés à l'étuve à 40°, se remettent à fermenter, mais plus lentement que les laits témoins qui n'ont pas subi l'action du froid.

Nombre d'expériences	Moyenne de l'acidité lactique trouvée dans des laits restés 24 heures à — 7° puis portés 24 heures à 40°	Moyenne de l'acidité lactique des laits témoins n'ayant pas subi l'action du froid, après 24 heures à 40°.
V	105 % Acidité initiale : 100	870 %

Ainsi le froid, tout en suspendant radicalement

la fermentation lactique, ne tue pas les ferments. Il conserve au lait ses propriétés de lait vivant. Nous avons constaté que, même après 45 jours, à — 7° et à — 12°, la fermentation pouvait reprendre.

Du lait condensé dilué dans 4 parties d'eau, est réparti dans des tubes de 25 cmc. Ces tubes sont stérilisés à 110° à l'autoclave pendant 10 minutes. Lorsqu'ils sont refroidis, on ensemence chaque tube de 25 cmc. de lait avec 8 gouttes d'un ferment lactique très résistant.

L'acidité initiale, c'est-à-dire l'acidité d'un de ces tubes avant de porter les autres à la glacière à — 7°, est de 1 cmc. de la solution de potasse.

L'acidité des tubes portés dans la glacière est dosée 24 heures, puis 3 jours après on trouve le même chiffre, soit 1 cmc. de potasse.

D'autres tubes sortis de la glacière le troisième jour sont laissés, les uns à la température ambiante soit 16°, les autres sont mis à l'étuve à 40°. L'acidité des tubes laissés à 16°, 24 heures après est de 1 cmc., 2 soit de 120 % par rapport à l'acidité initiale. L'acidité des tubes portés à 40° est après un délai de 24 h. de 8 cmc., 4, soit de 840 % par rapport à l'acidité initiale.

Autre expérience intéressante :

Des tubes du lait condensé et stérilisé comme précédemment, sont ensemencés avec 8 gouttes du ferment lactique. Le dosage de l'acidité initiale, c'est-à-dire avant l'expérience est de 1 cmc. 2 de la solution de potasse.

Parmi les tubes ensemencés, les uns (3 tubes A) sont portés à 40°, les autres (3 tubes B) à — 7°.

24 heures après on retire un tube A de l'étuve ; le dosage révèle une acidité de 5 cmc., 4, soit de 450 % par rapport à l'acidité initiale.

Le dosage d'acidité de l'un des tubes B restés à la glacière 24 heures plus tard, est de 1 cmc., 2, c'est-à-dire que l'acidité n'a pas varié, elle est de 100 % par rapport à l'acidité initiale.

On retira alors un second tube A de l'étuve à 40° que l'on laisse 24 heures à la température ambiante, soit de 16°, tandis qu'on laisse encore le troisième tube A à 40°.

D'autre part, on retire un tube B de la glacière que l'on porte à la température ambiante de 16° pendant 24 heures, et on retire de la glacière un autre tube B que l'on porte à l'étuve à 40° pendant 24 heures.

Après ces 24 heures, on dose dans tous les tubes précédents l'acidité lactique et on constate :

L'acidité du tube B, porté à 40° = 2 cmc.,0 soit 166 %
L'acidité du tube B, porté à 16° = 1 cmc.,3 soit 108 %
L'acidité du tube A, porté à 40° = 9 cmc.,6 soit 800 %
L'acidité du tube A, porté à 16° = 5 cmc.,5 soit 458 %

Les chiffres de cette expérience montrent d'une manière évidente que la fermentation n'est pas arrêtée définitivement, mais seulement ralentie.

Une autre constatation s'impose encore, à savoir que, des laits ayant subis l'action de basses températures et laissés à la température ambiante, se remettent à fermenter si lentement que la conserva-

tion du lait est ainsi assurée pendant longtemps, même au sortir de la glacière.

3° Le ralentissement de la reprise de la fermentation lactique est en raison directe de la durée du froid.

Plus la durée du froid auquel le lait a été porté est longue, plus le ralentissement de la reprise de la fermentation lactique est accusé.

Nombre d'expériences	Durée du séjour du lait à — 7°	Reprise de l'acidité lactique après 24 h. à 40°	Acidité des témoins avant l'expérience
III	1 jour	488 %	100
III	15 jours	450 %	100
III	30 jours	408 %	100

4° Le ralentissement de la reprise de la fermentation lactique est en raison directe de l'intensité du froid.

Plus la température auquelle le lait a été exposé est basse, plus le ralentissement de la reprise de la fermentation est accusé.

Nombre d'expériences	Durée du séjour au froid	Intensité du froid	Moyenne de l'acidité après 24 h. à 40°
III	21 jours	— 7°	165 %
III	»	— 12°	120 %
			acidité après 4 h. à 16°
I	24 jours	— 7°	148 %
I	»	— 12°	120 %

Intérêt des résultats trouvés.

Ainsi, nos expériences prouvent que le froid, aux basses températures, constitue un moyen idéal pour la conservation du lait, puisqu'il suspend radicalement la fermentation lactique, sans pour cela détruire les ferments.

Ces expériences concordent avec celles d'autres auteurs sur l'action du froid sur les vitamines du lait.

En effet, Weill, Mouriquand et Michel, ont montré que le facteur hydrosoluble B, si sensible à la chaleur, résiste admirablement aux basses températures. De même nous rappellerons que Delf a démontré que la conservation par le froid du facteur antiscorbutique, est le procédé de choix ; ainsi du jus d'orange ou de citron congelé et conservé plus d'un an, n'avait pas perdu de son activité. Conservé 5 ans, il n'en avait perdu que de 40 à 50 %.

A côté de ces expériences, nous rappellerons celles de Hess et Weinstock qui démontrent que le lait desséché à basses températures, conserve ses propriétés anti-scorbutiques.

Nos expériences sur la fermentation lactique ajoutent de nouveaux faits en faveur de la conservation du lait par le froid au-dessous de 0°.

Le réfrigérateur moderne, tel que celui dont nous nous sommes servis, marque donc un progrès considérable dans l'hygiène du lait. Il est très à souhaiter que les détaillants puissent conserver par

le froid le lait qui leur arrive au lieu d'employer sans cesse, malgré la surveillance, des moyens dangereux pour la sécurité publique.

Dans les centres d'élevage, comme dans les pouponnières ou les crèches, le froid doit se substituer au chaud, le réfrigérateur moderne doit remplacer l'autoclave et l'ancienne glacière, dans l'intérêt des enfants qui leur sont confiés.

CONCLUSIONS

Le problème de la conservation du lait domine l'hygiène infantile en particulier et l'hygiène alimentaire en général.

Parmi les moyens mis en œuvre pour la conservation du lait, les moyens chimiques sont à rejeter complètement, car leur emploi constitue un grave danger.

Les moyens physiques seuls peuvent être autorisés.

La stérilisation du lait par la chaleur a été une révolution scientifique qui a permis de sauver des millions d'enfants. Il faut reconnaître cependant que ce procédé n'est pas parfait, parce qu'il expose quelquefois les nourrissons aux troubles digestifs et d'autre part il supprime les ferments et les vitamines nécessaires à la croissance.

Le froid a été employé avec succès pour la conservation du lait à la ferme et pendant son transport.

Nous avons étudié son action aux basses températures sur les laits arrivés dans les grands centres.

Pour cela nous avons eu recours à la méthode du Professeur Charles Richet, qui consiste pour con-

trôler la conservation du lait à doser l'acide lactique.

Cette méthode présente sur la numération directe des ferments, l'avantage de vérifier fréquemment et rapidement, avec une précision supérieure à la numération directe, l'activité biochimique du ferment et par suite l'état de conservation du lait.

Nous avons constaté :

1° *Le lait porté à des températures variables entre 0° et — 12° ne fermente plus.* En effet, le lait porté 24 h. à ces basses températures, conserve la même acidité que celle qu'il avait d'avant être placé dans le réfrigérateur.

Cette acidité constante indique que la conservation du lait à ces basses températures est parfaite.

2° *Le lait porté à des températures entre 0° et — 12° conserve son pouvoir fermentatif quoique ralenti.* En effet, le froid à ces basses températures ne tue pas le ferment lactique, mais inhibe plus ou moins son activité biochimique. Les laits ayant séjourné à ces basses températures, puis portés à l'étuve à 40° se remettent à fermenter, mais beaucoup plus lentement que les laits témoins qui n'ont pas subi l'action du froid. Ainsi le froid, tout en suspendant la fermentation lactique, conserve au lait ses propriétés de lait vivant.

3° *Le ralentissement de la reprise de la fermentation lactique est en raison directe de la durée du froid.* Plus le lait a été exposé longtemps au froid,

plus le ralentissement de la reprise de la fermentation lactique est accusé.

4° *Le ralentissement de la reprise de la fermentation lactique est en raison directe de l'intensité du froid.* Plus la température à laquelle le lait a été porté est basse, plus le ralentissement de la reprise de la fermentation lactique est accusé.

Vu : le Président de la thèse,
ROGER.

Vu : le Doyen,
ROGER.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
S. CHARLÉTY.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Bachrach (*E.*). — Variations biologiques d'un organisme monocellulaire : accoutumance et anaphylaxie chez le bacille lactique. Thèse 1924.

Bachrach (*E.*) et *Cardot* (*H.*). — Influence de l'acidité initiale et de la concentration du milieu sur la marche de la fermentation lactique (Soc. de biologie, LXXXVI, 1127, 1922).

Buchner (*E.*) et *Meisenheimer* (*I.*). — Ueber die Milch-säuregärung (Liebig's Ann, CCCXLIV, 125-139, 1906).

Cardot (*H.*) — Sur les irrégularités des ferments lactiques. Quelques remarques sur les critiques de M. A. Lumière (Ann. Inst. Pasteur, XXXVII, 988-996, 1923).

Cardot (*C.* et *H.*). — Analogie entre les ferments lactiques et les streptocoques au point de vue de l'action des antiseptiques (C. R. Ac. Sc., CLXV, 272, 1917).

Cardot (*H.*) et *Langier* (*H.*). — Action des fortes concentrations salines sur le Bacille lactique (Soc. de biologie, LXXXVI, 108, 1922).

— Modifications du Bacille lactique sous l'influence des fortes concentrations salines. Stabilité des variations acquises sous l'action du chlorure de potassium (Journ. phys. et path. gén. XXI, 57-69, 1923).

Cardot (*H.*) et *Richet* (*Ch.*). — Hérédité, accoutumance et variabilité dans la fermentation lactique (Ann. Inst. Pasteur, XXXIII, 575-615, 1919).

Chassevaut (*A.*). — Action des sels métalliques sur la fermentation lactique. Thèse Fac. Méd. Paris, 1897, et Trav. lab. Charles Richet, VI, 264-297, 1898.

Duclaux (*E.*). — Traité de microbiologie, IV, 1902, p. 311-373.

Delf (*E.-M.*). — The influence of storage on the antiscurvy value of fruits and vegetable juices (Bioch. Journ., 1925, 19, 141-152).

Effront (I.). — Action des acides minéraux sur le ferment lactique et le ferment butyrique (Bull. Soc Chim., 3e série, IV, 337-339, 1890).

— Soc. Etude sur le levain lactique (Ann. Inst. Pasteur, X 524-544, 1896).

Gorini (Constantino). — Sopra una unova classe di bacteri coagulanti del latte (Giorn. Soc. Ital. Igiene, XVI, 15 p., 1894).

— Sur les bactéries lactiques productrices de présure et d'acide (Revue Générale du lait, I, nº 8, 7 p., 1902).

— Sur un ferment lactique filant (Bacillus casei filans) ibid., IX, nº 15, 1913).

— Contribution à la différenciation des ferments lactiques, (Ibid., IX, nº 19, 1913).

Herrisey (H.). — Fermentation lactique (Dict. Physiol. Richet, IX, 779-800, 1913).

Herzog (R.-O.). — Ueber Milchsäuregährung (Zeitschr. f. physiol. chem., XXXVII, 381-382, 1903).

Kayser (E.). — Etudes sur la fermentation lactique (Ann. Institut Pasteur, VIII, 737-785, 1894).

— Contribution à l'étude de la fermentation lactique (Ann. Brasserie et Dist. VIII, 5-7, 1905, et Ann. Inst. agron., III, 241-276, 1904).

Lassablière (P.) — Action du sulfure de calcium phosphorescent sur la fermentation lactique. Thèse, 1904.

— Traité d'hygiène du premier âge. Doin et Fils, 1913.

— Les variations de la composition du lait (Annales d'Hygiène inf., 1910).

— Le lait condensé, 3e édition, 1920.

— La crise du lait. B. Grasset, 1920.

Lassablière et *Rotenberg (G.).* — Action des basses températures sur la conservation du lait (C. R. Soc. de Biol., 1930).

Löhnis (F.). — Versuch einer Gruppierung der Milchsäurebakterien (Centralbl. f. Bakt., XVIII, 97-147, 1911).

— Zur Kenntniss der in Milch und Molkereiproduktus vorkommen den Bakterien (Centralbl f. Bakt., XXIX, 331-340, 1911).

Lumière (Auguste). — Contribution à l'étude de la fermentation lactique et des propriétés des microbes (Ann. Inst. Pasteur, XXXVII, 967-987, 1923).

— Sur la régularité de la fermentation lactique (Ann. Inst. Pasteur, XXXVIII, 997-999, 1923).

— A propos des irrégularités de la fermentation lactique en présence de certains antiseptiques (C. R. A. Sc., CLXXVIII, 258, 1924).

— Sur la variabilité de la fermentation lactique (Ann. Inst. Pasteur, XXXVIII, 344-357, 1924).

Macé (*E.*). — Traité pratique de bactériologie, 2 vol., 6e édition, 1912).

Macaigne. — Hygiène, 2e édition, 1922.

Meyer (*H.*). — Ueber das Mulchsäureferment und sein verhalten gegen Antiseptica. Dorput, 1880.

Mitchell (*Ch.*) et *Richet* (*Ch.*). — De l'accoutumance des ferments aux milieux toxiques (Soc. de biologie, L II, 637-639, 1900).

Monvoisin. — La conservation des denrées périssables par le froid. Dunod, édit., 1923.

Pasteur (*L.*). — Mémoire sur la fermentation appelée lactique (C. R. Ac. Sc., XL, 913, 1857 et Ann. Chim. et physique, L II, 404 et 418, 1858).

Pottevin (*H.*). — Contribution à l'étude de la fermentation lactique (Ann. Inst. Pasteur, XII, 49-62, 1898).

Randoin (*L.*) et *Simonnet* (*H.*). — La question des vitamines, 1925.

Richet (*Ch.*). — De la fermentation lactique du sucre de lait (C. R. Ac. sc., LXXXVI, 550, 1878).

— De quelques conditions de la fermentation lactique (C. R. Ac. sc., LXXXVIII, 759, 1878).

— De l'action de quelques sels métalliques sur la fermentation lactique (C. R. Ac. sc., CXIV, 1494, 1822).

— Action physiologique comparée des métaux alcalins (Trav. Labor. Ch. Richet, 11, 398-493. Alcan, 1893).

— Des doses accélérantes des sels de magnésium dans la fermentation lactique (Soc. de Biologie, LIV, 1436, 1902).

— Etudes sur la fermentation lactique (Soc. de Biologie, LVI, 219-221, 1904).

— Sur une combinaison de l'acide lactique avec la caséine dans la fermentation lactique (Soc. de Biol., LX, 650, 1906).

— De l'emploi alternant des antiseptiques (C. R. Ac. sc., CLXII, 589, 1916).

— Antiseptiques réguliers et irréguliers (C. R. Ac. sc , CLXXVII, 1262, 1923).

Richet (*Ch.*), *Bachivel* (*E.*) et *Cardot* (*H.*). — Etudes sur la fermentation lactique (C. R. Ac. sc., CLXXIV, 842, 1922).

Richet (*Ch.*) et *Cardot* (*H.*). — Influence d'élévations thermiques faibles et brèves sur la marche des fermentations (C. R. Ac. sc., CLXIII, 954, 1916).

— De l'action des mélanges de quelques sels sur la fermentation lactique (Soc. de Biologie, LXXXI, 851, 1918).

Richet (*Ch.*) et *De Ber* (*A. G.*). — Etudes sur la fermentation lactique (C. R. Ac. sc , CLXXV, 1920-1922).

Richet (*Ch.*) et *Lassablière* (*P.*). — De l'action des doses minuscules de substance sur la fermentation lactique (Arch. Intern. Physiol., III, 203-217, 1905 et Soc. de Biologie, LVIII, 981, 1905 ; Trav. Laboratoire Ch. Richet, VI, 294-372. 1909).

Van Steenberge (*Paul*). — Les propriétés des microbes lactiques. Leur classification (Ann. Inst. Pasteur, XXXIV 803-870, 1920).

Weill (*E.*), *Mouriquand* (*G.*) et *Michel* (*P.*). — Recherches sur la carence alimentaire (C. R. Soc. Biol., 1916, p. 79, 189).

949.— Imp. de la Faculté de Médecine, Jouve et Cie, 15, rue Racine, Paris.— 6-30